

Eckhard Bendin

Ostwalds biologische Energetik als Substrat der psychologischen Farbenlehre

1 Biologische Psychologie und Psychologische Farbenlehre

Die Untersuchung der Zusammenhänge von biologischen Prozessen und Verhalten steht im Zentrum der Aufmerksamkeit der heutigen ‚Biologischen Psychologie‘, in der Methoden und Erkenntnisse der ‚Physiologischen Psychologie‘, Neuropsychologie und Psychophysiologie zusammengeführt werden. Diese interdisziplinär erweiterte Perspektive bemüht sich um das Verständnis des Gesamtorganismus. Insofern betrachtet sie nicht nur die Lebensprozesse des Gehirns, sondern aller Organe des menschlichen Körpers und erfordert naturgemäß, auch die Wechselwirkungen mit der Umwelt sowie die Phylogenese einzubeziehen.

Demgegenüber geht es der ‚Farbenlehre‘ als multidisziplinärem Erkenntnisfeld mit vergleichsweise langer Geschichte im Kern um Darstellung und Verständnis der mannigfaltigen Natur und komplexen Erscheinungs- und Wirkungsweise von Licht und Farbe in unserer Lebenswelt. Obwohl die Farbenlehre durch ihren Bezug zu morphologischen, ästhetischen, ethischen, pädagogischen, soziokulturellen und philosophischen Fragen über den Gegenstand der ‚Biologischen Psychologie‘ weit hinausgeht, bildet jene aber doch zugleich deren Kern und Fundament. So kann sie uns ein grundlegendes Verständnis vermitteln für das visuelle System des Menschen und die energetischen Vorgänge in Wechselwirkung mit der Umwelt und dadurch zum Schlüssel werden auch für die Beantwortung peripherer und komplementärer Fragen. Es liegt auf der Hand, dass man durch ein umfassende-

res Verständnis zum Beispiel der Anpassungs- und Ergänzungsvorgänge (Hell- und Dunkeladaptation, Kontrast- und Konstanzleistungen, Gestaltwahrnehmung etc.) auch Aufschlüsse gewinnen kann hinsichtlich der Klassifikation der Empfindungen und Gefühle sowie deren Einordnung in ästhetische und ethische Bewertungen. So verwundert es nicht, dass J. W. v. GOETHE 1810 in seinem Entwurf einer Farbenlehre [1] letztlich auf die ‚sinnlich-sittlichen Wirkungen‘ zielte und in der Folge beispielsweise auch A. SCHOPENHAUER aus der ‚qualitativ geteilten Tätigkeit der Retina‘ [2] sowie M. E. CHEVREUL aus den physiologisch bedingten Kontrastercheinungen [3] für die Farbempfindung polar gepaarte, sich gegenseitig bedingende Zusammenhänge ableiteten und zur Grundlage ihrer philosophischen bzw. ästhetischen Wertungen erhoben. Etwa 100 Jahre später betont auch WILHELM OSTWALD in der Einführung zu seiner Farbenlehre, wesentlich auf Erkenntnissen von G. T. FECHNER und E. HERING aufbauend, die Bedeutung der psychologischen Farbenlehre als ‚Hauptfach‘, in welches Psychophysik wie Umweltbedingungen einzuschließen seien [4].

2 Farbtheorien und visuelle Künste

Das menschliche Bemühen um Erkenntnis elementarer Gegebenheiten und Lebensvorgänge strahlt seit jeher auch auf künstlerische Fragestellungen und Experimente aus. Die Geschichte der visuellen Künste ist reich an Beispielen, bei denen speziell neue Farbtheorien aufgegriffen und künstlerisch

Vor dem Hintergrund des heutigen Verständnisses der biologischen Psychologie zur Entstehung von Farbempfindung als selbstregulierende Energiewandlung und -wirkung wird der Beitrag gewürdigt, den Wilhelm Ostwald vor über 100 Jahren mit seiner ‚biologischen Energetik‘ einbrachte. Energetische Intentionen und Interpretationen bestimmten auch dessen ‚Psychologische Farbenlehre‘ als das erklärte Kernstück einer modernen Farbenlehre. Obwohl im Sinne einer kritischen Rezeption auch Grenzen jener Farbenlehre aufgezeigt werden, offenbart sich aber Ostwalds energetische Konzeption durchaus als visionäre Vorleistung, die sich in vielen Aspekten mit heutigen einschlägigen Wissensbeständen deckt. Aus der Perspektive enger Beziehungen zwischen Wissenschaft und Kunst wird zudem auf befruchtende Wechselwirkungen, insbesondere die Ausstrahlung der Ostwald'schen ‚Energetik‘ auf die visuellen Künste im 20. Jahrhundert hingewiesen.

With today's understanding of colour perception as a self-regulating process of energy transformation and effects, biological psychology honours the contribution made by Wilhelm Ostwald over 100 years ago with his concept of 'biological energetics'. Energy considerations and interpretations determined also his 'psychological theory of colour', the declared core of modern colour science. Even if critical reception has revealed also the limitations of this colour theory, Ostwald's energetic concept can certainly be seen as a pioneering vision, retaining its validity in many aspects in today's scientific knowledge base.

In the context of close relationships between science and art, furthermore, attention must be drawn to fertile interactions, in particular in the influences of Ostwald's 'energetics' on the visual arts in the 20th century.

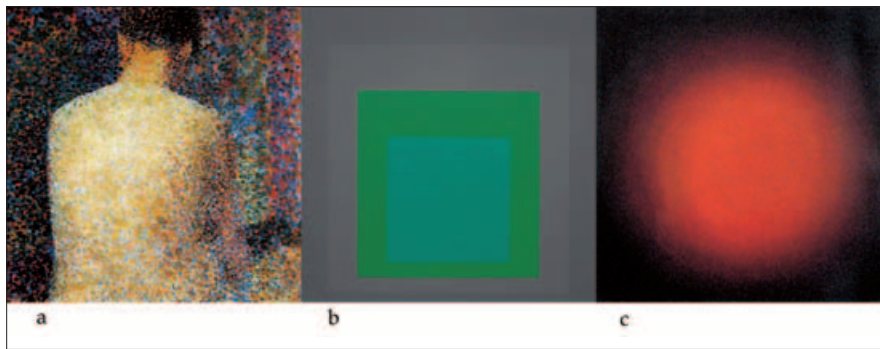


Bild 1. Künstlerische Auslotung farbtheoretischer Grundlagen

a) G. SEURAT: Studie zu „Modelle“, 1887/88, Ausschnitt (Pointillistische Malerei)

b) J. ALBERS: aus der Serie „Homage to the Square“, 1950 (Simultane Interaktion)

c) I. KLJUN: „Rotes Licht, Sphärenkomposition“, 1922/23 (Atmosphärische Erscheinung)

ausgelotet wurden. Denken wir nur an G. SEURATS pointillistische Bilder, die auf eine „optische Mischung von Helldunkelwerten und Farbtönen“ der auf die Netzhaut des Betrachters treffenden Farbpunkte abzielten [5] (Bild 1a), oder die Serie von J. ALBERS „Huldigung an das Quadrat“, in der er den Simultankontrast durch variabel benachbarte Farbflächen künstlerisch „durchgespielt“ hat (Bild 1b). Nicht selten haben aber vor allem auch Maler und Architekten, denen es um das Verhältnis von Licht, Farbe, Form, Bewegung und Raum ging, durch ihr Experimentieren Rückkopplungen zu weiterführender wissenschaftlicher Auseinandersetzung ausgelöst, nicht nur in den nahe liegenden Bereichen der Kunstpsychologie und Experimentellen Ästhetik, sondern auch zu Fragen der Phänomenologie, Wahrnehmungspsychologie oder Informationstheorie.

Durch das Zusammenwachsen natur- und geisteswissenschaftlicher Disziplinen prägte sich insbesondere zu Beginn des 20. Jahrhunderts auch eine Tendenz zur Einheit von Wissenschaft und Kunst aus. Ausdruck hierfür war eine intensive Hinwendung der Künstler und Theoretiker der „Russischen Avantgarde“, der holländischen „de Stijl“-Bewegung sowie des „Bauhauses“ in Deutschland zu Theorien von YOUNG/HELMHOLTZ (Trichromatisches Sehen), FECHNER (Ästhetik von unten/Psychophysik), MACH (Analyse der Empfindungen/Optisch-akustische Versuche), WUNDT (Grundriss der Psychologie/Experimentelle Psychologie), HERING (Lehre vom Lichtsinn/Opponententheorie) und OSTWALD (Energetik/Farbenlehre).¹

Insbesondere die Naturphilosophie OSTWALDS – die „Energetik“ [9, 10] – übte durch ihr unitaristisches Postulat „Alles, was in der Welt geschieht, ist nichts als ein Energiewandel“ [11] große Faszination auf die künstlerische Avantgarde aus. Der Begriff der strahlenden Energie, zu der das Licht zählt, forderte zu künstlerischer Imagination heraus. So führten beispielsweise die Versuche des russischen Malers I. KLJUN, atmosphärische Lichterscheinungen zu malen, 1922 zu kosmisch anmutenden „Sphärenkompositionen“, in denen sich „dynamisch glühende Farbmassen in einem tiefen elektrischen Raum verbinden“ [6] (Bild 1c).

Die neuen Theorien boten für das Verständnis der Künstler anfangs vor allem Impulse für ein metaphorisches Einfühlen und symbolisches Verarbeiten, selten schon für eine methodische Ausbeute der visuellen Phänomene, wie wir sie später bei H. HINTERREITER, J. WEDER und J. ALBERS oder Künstlern der OP-ART finden bzw. in den 1980er Jahren in den künstlerischen Exkursen der „Informationsästhetiker“.²

Mitunter folgte der Auseinandersetzung aber auch eine skeptische Distanz. So empfand zum Beispiel der Protagonist der Leningrader Avantgarde, M. MATJUSCHIN,

seinerzeit die analytische OSTWALD'sche Bestimmung der visuellen Anteile eines Farbeindrucks (Vollfarbenanteil + Schwarzanteil + Weißanteil = 1) als zu statisch für seine dynamische Auffassung und seine an Wechselwirkungen der Farbe orientierten künstlerischen Experimente [8]. Jene damals als zu statisch empfundene OSTWALD'sche Differenzierung visueller Anteile ist allerdings inzwischen zum Prinzip einer weit verbreiteten, ästhetischen Farbenordnung, dem Natural Colour System (NCS), avanciert und heute jedem Farbdesigner willkommen, der mit dem visuellen Abgleich von Farbzusammenstellungen zu tun hat. Bevor wir jedoch auf OSTWALDS Farbenlehre näher eingehen, muss deren biologisch-energetische Grundlage skizziert werden.

3 Ostwalds biologische Energetik

Für OSTWALD war die Energetik und Selbstregulation des Geistes die natürliche Fortsetzung von Physik, Chemie, Biologie und Medizin. Mit seiner biologischen Energetik, d.h. der Lehre von Organismen im „stationären Gleichgewicht“, die zu Selbstreproduktion und Selbstregulation fähig sind, sollten sowohl Materialismus als auch Vitalismus überwunden werden. Im Gegensatz zur mechanischen Weltauffassung besteht nach Ostwald „für die energetische Weltauffassung ein stetiger Zusammenhang zwischen den einfachsten Energiebestätigungen, den mechanischen und den verwickeltsten, den psychischen“ [10]. Nach OSTWALD sind lebende Organismen auf der Grundlage der Autokatalyse (Selbstkatalyse) dissipative chemische Systeme, die sich durch Umwandlung freier Energie ihrer Umwelt in einem „stationären Gleichgewicht“ (Fließgleichgewicht) halten. Auf der Suche nach einem entscheidenden Unterschied zwischen lebender und toter Materie fand OSTWALD die überschießenden Reizreaktionen auf Störungen des Gleichgewichtes charakteristisch und bezeichnete jenes Reizantwort-Prinzip als „Überheilung“ und biologisches Urphänomen. Jene Fähigkeit ermöglicht Lebewesen die „Selbstheilung“ und somit die Selbsterhaltung (Bild 2). Praxisorientiert empfahl OSTWALD Ärzten, Hygienikern und „Eudynamikern“ jenes Prinzip zur Anwendung.³

¹ Weiterführende Ausführungen dazu bei DOUGLAS [6], REITZ [7] und TILLBERG [8].

² Weiterführende Ausführungen dazu bei ALBRECHT [12] und BENDIN [13].

³ Weiterführende Ausführungen bei BERG [14], MAINZER [15] und HANSEL [16].

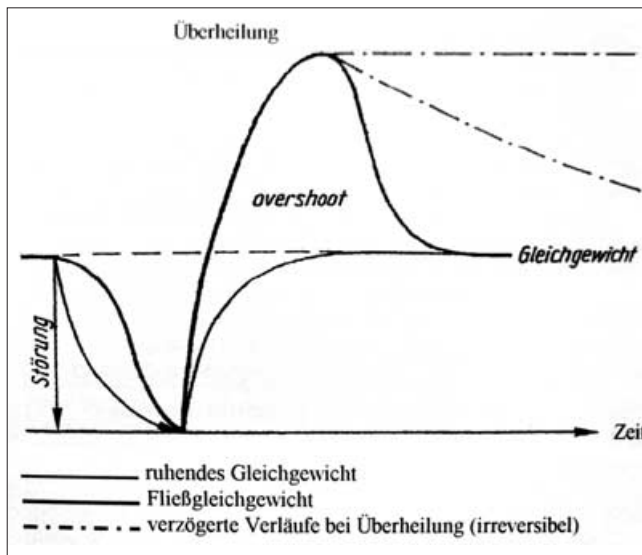


Bild 2. OSTWALDS Modell der 'Überheilung' nach BERG [14]

Eine auf das Engste damit verbundene biologische Fähigkeit ist für OSTWALD die Erinnerung, das Gedächtnis, als besondere Eigentümlichkeit des Geistes. Er nimmt dabei Bezug auf EWALD HERING und dessen 1870 in Wien gehaltenen Vortrag „Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie“ [17]. HERING behandelt darin unser Gedächtnis als durch Wiederholung relevanter Vorgänge angeeignetes, zum großen Teil unbewusstes Reproduktionsvermögen der Gehirnssubstanz, das sich vererben und so auch zum ‚angeborenen Reproduktionsvermögen‘ werden kann. Nach HERING werden „Ketten unbewusster Nervenprozesse, an welche sich schließlich ein von bewusster Wahrnehmung begleitetes Glied anreicht, zu unbewussten Vorstellungsreihen“ [17]. OSTWALD greift in seiner unveröffentlichten Schrift „Die Energetik der Psyche“ von 1913 [18] die fundamentale Erkenntnis HERINGS auf, nach der sich einmal ausgeführte Vorgänge leichter wiederholen als beim ersten Mal und erkennt in der Bevorzugung von Wiederholungen gegenüber neuen Vorgängen, dass „*dadurch allen organischen Vorgängen eine bestimmte Stabilität, ein Gleichbleiben im Wechsel, gesichert (ist). Diese psychologische Eigenschaft wirkt stetig auf den Lauf des Lebens ein, wie der Kiel stetig auf den Lauf des Schiffes...*“. Visionär nimmt OSTWALD an gleicher Stelle den Aspekt der Informationsspeicherung als Grundlage geistiger Tätigkeit auf: „*Die Möglichkeit, einen bereits nicht mehr vorhandenen Eindruck doch noch soweit wirksam bleiben oder gar werden zu lassen, dass dieser mit einem neu eingetretenen in Beziehung gesetzt und auf Gleichheit oder Verschiedenheit empfunden werden kann, liegt aller übrigen geistigen Tätigkeit als wesentliches und entscheidendes Kennzeichen zugrunde*“ [18]. Die biologische Energetik OSTWALDS stellt offensichtlich einen Zusammenhang her zwischen dem selbstregulierenden Vorgang der ‚Überheilung‘ als Reizreaktion und einer durch das ‚Gedächtnis der Nervensubstanz‘ vermittelten Reproduktion organischer Prozesse.

4 Ostwalds „Psychologische Farbenlehre“ als energetische Farbenlehre

OSTWALDS energetische Weltsicht durchdrang auch seine

Farbenlehre. Er hatte 1918 erste Entwürfe zu seiner „Psychologischen Farbenlehre“ verfasst [19] und 1920 deren Grundzüge unter der Überschrift „Die Farbenpsychologie“ veröffentlicht [20]. Zahlreiche Veröffentlichungen zur Ordnung und Harmonie der Farbe begleiteten diese. Erst Ende der 1920er Jahre wandte sich der Forscher noch einmal im Zusammenhang mit den Entwürfen zu einer neuen Wissenschaft vom Schönen, der ‚Kalik‘, und der ebenfalls energetisch durchdrungenen ‚Kunstlehre‘ jener psychologischen Dimension zu und erweiterte 1930 seine psychologische Farbenlehre durch den Entwurf „Über psychophysische Farbenordnungen“, der ebenfalls unveröffentlicht blieb.⁴ Bei all dem behandelt er Farbe als Empfindung und Gegenstand der Psychophysik unter energetisch-biologischen Aspekten, aber auch praxisorientiert mathematisch⁵ und harmonikal.

Eine entscheidende Grundlage für den energetischen Aspekt sieht OSTWALD in dem von JOHANNES MÜLLER 1829/1838 entdeckten ‚Gesetz der spezifischen Sinnesenergien‘, aus dem für OSTWALD folgt, „*dass für die Natur der Empfindung nur der energetische Vorgang in dem zugehörigen Hirngebiet maßgebend ist und nicht die Natur des am äußeren Nervenende einwirkenden Reizes*“. Und weiter umreißt er dies als Kette energetischer Transformationen, die schließlich zur Empfindung führen, in der Einleitung seiner Schrift von 1918: „*Ein Reiz ist immer ein energetischer Vorgang, welcher ein Sinnesorgan trifft und dort Arbeit (...) leistet. Diese Arbeit bewirkt eine verhältnismäßige Auslösung organischer Energie (wohl meist chemischer Natur), welche im Sinnesorgan bereit liegt und sich in eine noch nicht sehr genau bekannte Energieform umwandelt, die Nervenenergie, welche längs einer vorgebildeten Bahn, der Nervenfaser, bis zum Zentralorgan, dem Gehirn, fortschreitet. ... Im Zentralorgan teilen und vereinigen sich die Leitungsbahnen in sehr mannigfaltiger Weise, wobei mehrfach die ankommende Nervenenergie wieder zur Auslösung bereit liegender organischer Energien dient. Von diesen Wegen hängt es ab, welches die endliche Wirkung dieser Kette von Auslösungen ist. (...) Für uns hat der Fall Bedeutung, dass bewusste Empfindung entsteht*“ [19].

Auch in seiner „Energetik der Psyche“ hatte OSTWALD schon allgemein das energetische Prinzip in Bezug auf das selbstregulierende, biologische ‚System Mensch‘ als eine Kopplung der Energietransformationen mit der Auslösung von Energievorräten in den Stationen zwischen Außenenergie und Empfindung begründet. Aus der Tatsache, dass die Neuronen an ihren Verbindungsstellen nicht stetig ineinander übergehen, „*sondern vielmehr anatomisch selbständig enden und anfangen*“, schlussfolgert er, dass neue Energieströme im angrenzenden Neuron ausgelöst werden und zwischen eintretenden und weitergeleiteten, transformierten Energieströmen proportionale Verhältnisse eher unwahrscheinlich sind, sondern vielmehr ‚sympat‘⁶ Verhältnisse angenommen werden müssen (d. h. korrelative Veränderungen in nur stets gleichem Sinne).

Für OSTWALD ist jene Erkenntnis einer ‚verhältnismäßigen Auslösung organischer Energievorräte‘ bei der Reizreaktion (Energietransformation) auch grundlegend für das Verständnis von Farbempfindungen. Die theoretische Ableitung der Farbphänomene in seiner „Psychologischen

⁴ Weiterführende Ausführungen dazu bei BENDIN [21].

⁵ Unter ‚mathematisch‘ bzw. ‚Mathetik‘ versteht OSTWALD ‚ordnungswissenschaftlich‘ bzw. ‚Ordnungswissenschaft‘ als Teil der Mathematik.

⁶ OSTWALD bezieht sich hier auf die Begriffsprägung ‚sympat‘ durch ROBERT LUTHER.

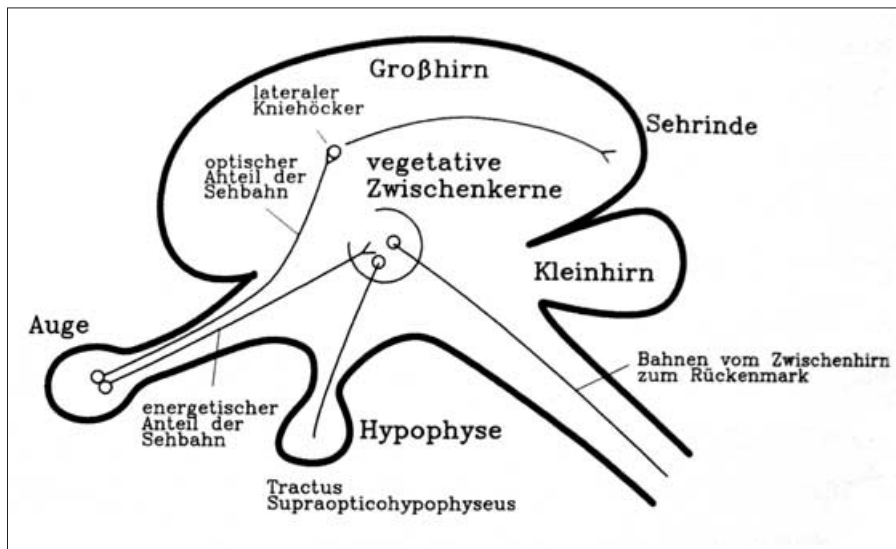


Bild 3. Schematische Darstellung der Sehbahnen nach HOLLWICH [28]

Farbenlehre“ macht uns dies aber nicht immer bewusst. Nur an einigen Phänomenen, zum Teil auch nur in seiner Fassung von 1918, führt OSTWALD dies eingehender vor, wie beispielsweise in der Ursachendarlegung der FECHNER'schen Reiz-Empfindungs-Reaktion oder der Farbkonstanz aus Zuordnung (Assoziation) bei ‚bezogenen Farben‘ sowie ‚Gedächtnisfarben‘. Auch seinen Interpretationen des Augengraus, der Grenzverstärkung beim Simultankontrast sowie der räumlichen Verschmelzung bei Farbdarbietungen in kurzen zeitlichen oder räumlichen Abständen gibt er entsprechende Begründungen. Für OSTWALD ist neben der Unterschiedsempfindlichkeit/Reizschwelle, die ihm besonders wichtig für Gleichwertig- und Gleichabständigkeitsbetrachtungen in visuellen Ordnungen erscheint, insbesondere die ‚Bezogenheit‘ der Farbwahrnehmung auf gewöhnlich vorherrschende Umwelt- und Beleuchtungsverhältnisse entscheidend, somit die Wahrnehmung der ‚Körperfarben‘. In seinem späten Entwurf „Über Psychophysische Farbenordnungen“ [19] vertieft OSTWALD den evolutionären Aspekt des Sehens durch die Theorie der Schluckung (Absorption) breiter Lichtwellengruppen durch drei Empfindungspaare (Schwarz/Weiß, Blau/Gelb, Rot/Grün), denen er offensichtlich HERINGS Opponententheorie zugrunde legt. Grundlage ist auch hier für ihn die Anpassung des Sehorgans und die Umwelt-Bezogenheit der Farbwahrnehmung. Unter diesem Ansatz ist es allerdings kaum verständlich, warum OSTWALD auf das Herausarbeiten energetischer Grundlagen für Hell-Dunkel-Adaptationen wenig Wert gelegt hat. Dies erscheint heute umso bedauerlicher, als gerade jene Anpassungsvorgänge zu Kronzeugen einer energetisch-biologischen Auffassung des Sehens geworden sind, die man durchaus im Sinne Ostwalds verstehen kann.

5 Zur heutigen Auffassung farbrelevanter Vorgänge in der Netzhaut

Auf dem Boden der eingangs skizzierten ‚Biologischen Psychologie‘ stützt sich unser Verständnis der Transformation der Lichtenergie zur Farbempfindung heute auf komplexe Kenntnissfelder aus energetischen, umwelt- und entwicklungsspezifischen, genetischen, anatomischen, physiologischen, informationstheoretischen und natürlich auch psychologischen Fakten und Zusammenhängen.⁷ Erwähnt werden muss auch, dass Untersuchungen der Einflussnahme

des Augenlichts auf die Regulation des Stoffwechsels durch HOLLWICH [28] zu der Annahme einer von der optischen Sehbahn unabhängigen ‚energetischen Sehbahn‘ führten (Bild 3).

Wenn wir uns hier aber auf das visuelle System und die Lichtsignalverarbeitung in der Netzhaut beschränken, haben wir es schon beim ersten Schritt mit einer komplexen Disposition zu tun. Seit der Aufklärung der geschlechtsspezifischen Ursachen von Farbfehlsichtigkeit zweifelt man nicht mehr daran, dass bestimmte Gene für den molekularen Bau der visuellen Pigmente (Sehfarbstoffe) in den Photosensoren, den Lichtsinneszellen des Auges, verantwortlich sind.⁸ Vier verschiedenartige Sensortypen, etwa 120 Millionen Stäbchen und 6 Millionen Zapfen, sind in der Sensorschicht (Retina) zur Aufnahme der Lichtenergie verteilt. Dabei unterscheiden sich drei verschiedene Zapfentypen voneinander und von den Stäbchen durch den Proteinanteil (Opsin), der das Absorptionsspektrum (kurz-, mittel- oder langwellig) beeinflusst, sowie in der neuronalen Verschaltung, die ebenfalls für das Farbsehen von entscheidender Bedeutung ist. Während die drei Zapfentypen (s-, m- und l-Zapfen⁹) der selektiven Absorption sich überlappenden Wellenbereiche des sichtbaren Spektrums dienen und damit der trichromatischen Theorie des Farbsehens nach YOUNG/HELMHOLTZ genügen, entsprechen die heute bekannten antagonistischen Erregungs- und Hemmprozesse in den nachgeschalteten Neuronen der ‚Opponententheorie‘ von HERING. Sie erklärt das physiologisch antagonistische Verhalten der Gegenfarben Rot/Grün, Gelb/Blau und Schwarz/Weiß. Damit wurde der scheinbare Widerspruch zwischen den beiden Theorien aufgehoben. Aber auch unter energetischem Aspekt erscheinen beide Sachverhalte von grundlegender Bedeutung. Sobald Lichtenergie von Seh-

⁷ Einen Gesamtüberblick vermitteln unter anderem BIRBAUMER und SCHMIDT [23], detaillierte Einblicke in das visuelle System und die Farbwahrnehmung geben unter anderem VON CAMPENHAUSEN [24], BACKHAUS, KLIÉGL und WERNER [25], MAUSFELD und HEYER [26], auch WELSCH und LIEBMANN [27].

⁸ Rot- und Grün-Gene zum Beispiel befinden sich direkt nebeneinander auf dem X-Chromosom, von denen Frauen zwei, Männer aber nur eines besitzen. Während Fehler auf einem X-Chromosom bei Frauen durch das zweite korrigiert werden können, wirkt sich jeder Fehler bei Männern als Farbanomalie aus.

⁹ Nach „short, middle, long“.

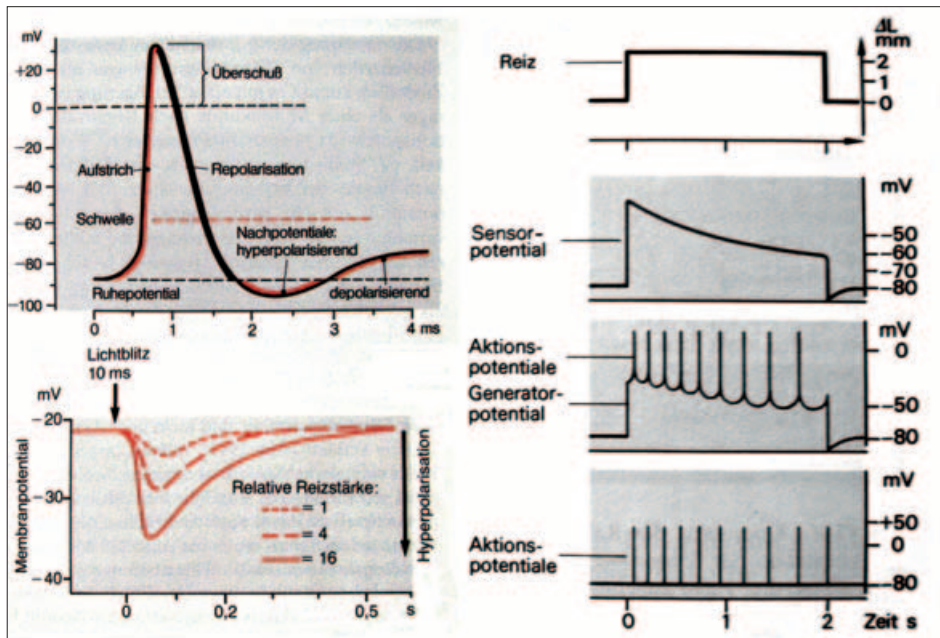


Bild 4. Sensor- und Aktionspotenziale nach BIRBAUMER/SCHMIDT [23] (links oben: reguläres Aktionspotential eines Neurons (zum Vergleich), links unten: hyperpolarisierendes Sensorpotential bei Transduktion, rechts: allgemeines Schema zur Folge von Reiz, Sensor- und Aktionspotenzialen)

farbstoff absorbiert wird, zerfällt dieser in Vorstufen. Dieser Zerfallsprozess leitet, als erste Stufe der sogenannten ‚Transduktion‘, ein ‚Sensorpotenzial‘ ein, d. h. Änderungen der Membrandurchlässigkeit der Photosensoren. Nach BIRBAUMER und SCHMIDT ist „ein wichtiger Teilaspekt der Transduktion des Reizes (...) der energetische. Mit der Transduktion ist ein Verstärkungsprozess verbunden. Eine Sonderstellung nehmen die Sensorpotenziale der primären Sehzellen der Netzhaut (Zapfen, Stäbchen) ein, die bei Belichtung hyperpolarisieren“¹⁰ [23] (Bild 4 links). Dabei konnte übrigens für mittlere Intensitätsbereiche gezeigt werden, dass die Amplitude des Sensorpotenzials der logarithmischen Beziehung zwischen Reizstärke und Amplitude folgt (WEBER-FECHNER-Gesetz). Der Sehfärbstoff der Stäbchen, das Rhodopsin (Sehpurpur), muss nach seinem infolge Belichtung eingetretenen Zerfall unter Energieaufwand wieder aufgebaut werden. Dabei stellt sich für eine gegebene Lichtstärke ein Gleichgewicht zwischen Zerfall und Wiederaufbau ein: „Das Reaktionsgleichgewicht zwischen dem Sehpurpur und seinen Zerfallsprodukten ist (...) die physiko-chemische Grundlage der Hell-Dunkel-Adaptation.“ In großer Helligkeit ist der Sehfärbstoff nahezu ‚ausgebleicht‘, die Stäbchen sind kaum noch lichtempfindlich; bei Dunkelheit regeneriert der Sehpurpur zur Maximalkonzentration, was eine Erhöhung der Lichtempfindlichkeit bewirkt. Das Anpassungsvermögen der Photosensoren, bei

hoher Beleuchtungsstärke die Aktivität zu drosseln und bei geringer Beleuchtungsstärke zu erhöhen, schafft jeweils ein „vermitteltes Niveau“, von dem aus die wechselnden Lichtreize einschließlich deren Über- und Unterangebote energetisch effizient behandelt und weitergeleitet werden können.

Auf eine andere Art effizient und anpassungsfähig ist auch die spätere Signalverarbeitung in den Zentrums- und Peripheriebereichen der ‚rezeptiven Felder (RF)‘ der Netzhaut, die aus den antagonistisch reagierenden Ganglienzellen (ON- bzw. OFF-Neurone) bestehen, deren Axone über den Sehnerv schließlich die visuelle Information (Aktionspotenziale) in das Gehirn weiterleiten (Bild 4 rechts). Auf diesen Vorgang gründet sich auch die heutige Theorie des Kontrastsehens (Simultankontrast, Lateralinhibition). Ein Neuron kann durch Reizung seines rezeptiven Feldes erregt oder gehemmt werden. Bei einer ‚an-Reaktion‘ in einem ON-Zentrum-Feld zum Beispiel nimmt die Impulsfrequenz des Aktionspotenzials zu und wird nach dem Reiz für einige Zeit kleiner als das Ruhepotential. Gleichzeitig führen hier die Reize in der OFF-Peripherie umgekehrt zu einer ‚aus-Reaktion‘. Genauso häufig wie die

¹⁰ Das heißt über den Wert des Ruhepotenzials hinausgehende Nachpotenziale.

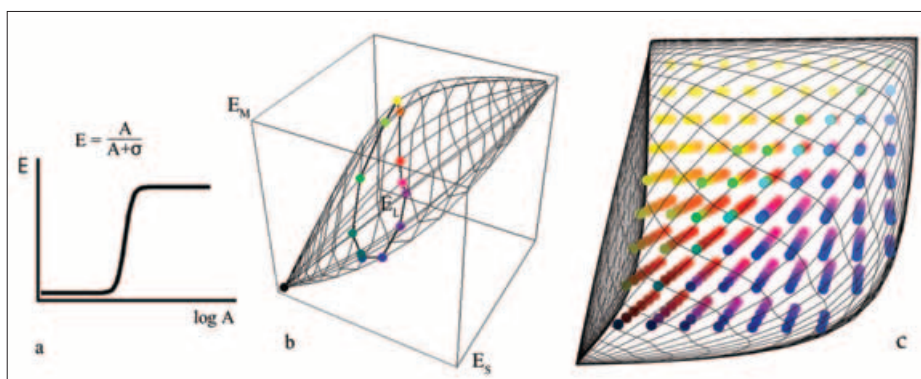


Bild 5. Physiologisches Farbsystem PCS von CAMPENHAUSEN/SCHRAMME [29]

- a) Zapfenerregung E aus der Absorption A nach der Naka-Rushton-Beziehung
- b) Rezeptorerregungsraum (Linienzüge infolge verschiedener Reizintensitäten)
- c) Farbkörper des PCS (Gitter: Spektralfarben bei verschiedenen Intensitäten)

ON-Zentrum-Felder kommen jedoch auch umgekehrt organisierte OFF-Zentrum-Felder vor. Größe und Organisation der rezeptiven Felder sind der Natur der Sensor- und Membranpotenziale angepasst. So sind die rezeptiven Felder nicht in allen Teilen der Netzhaut gleich groß. Ihre Größe nimmt von der Fovea zur Netzhautperipherie zu. Aber auch die relative Größe von RF-Zentrum und RF-Peripherie kann sich verschieden einstellen und damit indirekt auf die ursächlichen Reize selbstregulierend reagieren. Bei Helladaptation ist zum Beispiel das Zentrum klein und die Peripherie groß, bei Dunkeladaptation im Extremfall überhaupt keine Peripherie mehr nachzuweisen.

6 Schlussfolgerungen

Die dargestellte genetische Disposition, ebenso die Transduktion (mehrstufige biochemische Verstärkungen) wie die nachgeschaltete neuronale Transformation als selbstregulierende Organisationen zeigen, dass es im visuellen System durchaus im OSTWALD'schen Sinne zu energetischen Wirkungen kommt. Diese sind verbunden mit dem von ihm angenommenen selbstregulierenden Vorgang überschießender Reizreaktionen bei Störungen des Gleichgewichts (Überheilung), der ‚verhältnismäßigen Auslösung organischer Energiereserven‘, einer offensichtlich auch durch das ‚Gedächtnis der Nervensubstanz‘ vermittelten Reproduktion organischer Prozesse sowie den damit verbundenen Phänomenen des Kontrastsehens. Durch die neuronale Verarbeitung wird auch die von OSTWALD angenommene ‚Schluckung‘ und entsprechende Differenzierung der Rezeptoren zu drei ‚Empfindungspaaren‘ [19] bestätigt. Insbesondere die Bedeutung der Vorgänge für die Hell-Dunkel-Adaptation sowie das Kontrastsehen ist nachgewiesen. Ebenso kann die Relevanz der von OSTWALD zugrunde gelegten FECHNER'schen Reiz-Empfindungs-Relation sowie die Bedeutung der gewohnten Umweltbedingungen für die Reizverarbeitung als bestätigt angesehen werden.

Auf der Grundlage eines neuen ‚Physiologischen Farbsystems (PCS)‘, welches über die trichromatischen Absorptionsgrößen S, M und L der Zapfen und die entsprechenden Erregungsgrößen ES, EM und EL den Rezeptorerregungsraum abbildet, konnten VON CAMPENHAUSEN, SCHRAMME u. a. [29, 30] neuerdings auch deutlich machen, dass OSTWALDS Farbordnungssystem hinsichtlich der Helligkeits- und Sättigungsstufen auf der Grundlage des WEBER-FECHNER-Gesetzes den heute bekannten physiologischen Gegebenheiten hinreichend genau entspricht und spätere, auf anderer Grundlage aufgebaute ästhetische Systeme (z. B. DIN 6164) diese Entsprechung nicht wesentlich übertroffen haben (Bild 5a – c).

Da heute die Reizaufnahme und neuronale Signalverarbeitung im visuellen System insbesondere im Zusammenhang mit der Entstehung von Farbempfindungen weitgehend aufgeklärt und allgemein auch als selbstregulierende Energiewandlung und -wirkung aufgefasst wird, entspricht sie im Wesentlichen der biologischen Energetik WILHELM OSTWALDS. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Intentionen und Interpretationen OSTWALDS auch im Detail noch große Nähe aufweisen zur heutigen Interpretation der Vorgänge auf dem Hintergrund fortgeschrittener Biogenetik und Neurobiologie. So muss man OSTWALDS Energetik durchaus als fruchtbares Substrat der heute allseits anerkannten energetischen Begründung einer ‚Psychologischen Farbenlehre‘ ansehen und seine Vorleistungen als visionär anerkennen.

Literatur

- [1] Goethe, J. W. v.: Zur Farbenlehre. Weimar, 1810
- [2] Schopenhauer, A.: Über das Sehn und die Farben. Leipzig, 1816
- [3] Chevreul, M. E.: De la loi de contraste simultané de couleurs. Paris, 1839. Deutsche Ausg. Ein deutscher Techniker. Die Farbenharmonie in ihrer Anwendung. Stuttgart, 1840
- [4] Ostwald, W.: Die Farbenlehre in fünf Büchern. Großbothen/Leipzig
- [5] Gage, J.: Seurats Methoden, eine Neubewertung. In: Die Sprache der Farben. Ravensburg, 1999. S. 210
- [6] Douglas, Ch.: Wilhelm Ostwald und die russische Avantgarde. In: Papanikolaou, M. (Hrsg.): Licht und Farbe in der russischen Avantgarde. Die Sammlung Costakis. Köln, 2004. S. 30 – 39
- [7] Reitz, M.: Wilhelm Ostwald und die ‚de Stijl‘-Bewegung In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V. (1999) 4, S. 46 – 49
- [8] Tillberg, M.: Michael Matjuschin und das Studium der Farbe. In: Papanikolaou, M. (Hrsg.): Licht und Farbe in der russischen Avantgarde. Die Sammlung Costakis. Köln, 2004. S. 194 – 197
- [9] Ostwald, W.: Grundriss der Naturphilosophie. Leipzig, 1908
- [10] Ostwald, W.: Die Energie. Leipzig, 1908
- [11] Ostwald, W.: Elektrochemie. Leipzig, 1896
- [12] Albrecht, H.-J.: Systematik der Farben – Kunst der Farbe. In: Bendin, E. (Hrsg.): Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Dokumentation zum 150. Geburtstag Wilhelm Ostwalds. Dresden/Großbothen/Düsseldorf, 2003. S. 30 – 35
- [13] Bendin, E.: Resonanzen – Farbe als System. In: Bendin, E. (Hrsg.): Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Dokumentation zum 150. Geburtstag Wilhelm Ostwalds. Dresden/Großbothen/Düsseldorf, 2003. S. 50 – 59
- [14] Berg, H.: Ostwalds Ideen zum Energiefluss in der Biosphäre. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V. 9 (2004) Sonderheft 18, S. 32 – 41
- [15] Mainzer, K.: Energie und Katalyse. Wilhelm Ostwalds Naturphilosophie gestern und heute. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V. 11 (2006) 2, S. 19 – 36
- [16] Hansel, K.: Wilhelm Ostwald über ein Grundgesetz der belebten Welt. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V. 8 (2003) 1, S. 31 – 33
- [17] Hering, E.: Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organischen Materie (Vortrag 1870 in Wien). Zit. nach 3. Aufl. Leipzig, 1921
- [18] Ostwald, W.: Zur Energetik der Psyche. Großbothen, 1913. Unveröff. Ms. Nr. 4519. Akademiearchiv d. Berlin-Brandenburg. Akad. d. Wiss.
- [19] Ostwald, W.: Psychologische Farbenlehre. Großbothen, 1918. Unveröff. Ms. Nr. 4667. Akademiearchiv d. Berlin-Brandenburg. Akad. d. Wiss.
- [20] Ostwald, W.: Farbenpsychologie. In: Giese, H. G. (Hrsg.): Deutsche Psychologie. Bd. 3. H. 1. Langensalza, 1920
- [21] Bendin, E.: Über Anliegen und Schicksal der ‚Psychologischen Farbenlehre‘ Wilhelm Ostwalds. In: Die Farbe 44 (1998) 4-6, S. 107 – 126
- [22] Ostwald, W.: Über Psychophysische Farbenordnungen. Großbothen, 1930. Unveröff. Ms. Nr. 5010. Akademiearchiv d. Berlin-Brandenburg. Akad. d. Wiss.
- [23] Birbaumer, N.; Schmidt, R. F.: Biologische Psychologie. Berlin/Heidelberg/New York, 1990 (zit. nach 2. korrig. Aufl. 1991)
- [24] v. Campenhausen, C.: Psychophysik des Farbensehens. In: Bloch-Jahrbuch Mössingen, 1998/99. S. 57 – 75
- [25] Backhaus, W. G. K.; Kliegl, R.; Werner, J. S.: Colour Vision. Perspectives from different Disciplines. Berlin/New York, 1998 (zit. nach 2. korrig. Aufl. 1991)
- [26] Mausfeld, R.; Heyer, D.: Colour Reception. Mind and the physical world. New York, 2003
- [27] Welsch, N.; Liebmann, C. C.: Farben. Natur Technik Kunst. München, 2003/Heidelberg, 2004
- [28] Hollwich, F.: Der Einfluss des Augenlichtes auf die Regulation des Stoffwechsels. In: Bücherei des Augenarztes 23 (1955), S. 95 – 136
- [29] v. Campenhausen, C.; Schramme, J.: Vor- und Nachgeschichte von Wilhelm Ostwalds Farbsystem. In: Bendin, E. (Hrsg.): Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Dokumentation zum 150. Geburtstag Wilhelm Ostwalds. Dresden/Großbothen/Düsseldorf, 2003. S. 14 – 20
- [30] Schuler, M. B.; Heinemann, A.; Wetzel, E.; Schramme, J.: Quantitativer Vergleich des Ostwald'schen Farbsystems mit dem DIN-Farbsystem auf der Basis des Physiologischen Farbsystems (PCS). In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V. 10 (2005) 1, S. 5 – 22

Manuskripteingang: 11.4.2007

Angenommen am: 9.5.2007



Bendin, Eckhard

PD Dipl.-Ing.

Studium Architektur von 1959 bis 1965 an der HAB Weimar/Bauhaus-Universität ♦ 1968 Studienabschluss als Diplom-Ingenieur ♦ 2004 Erteilung der Lehrbefugnis als Privatdozent für Gestaltungslehre ♦ von 1983 bis 2006 Künstlerischer Oberassistent am Institut für Grundlagen der Gestaltung und Darstellung, Fakultät Architektur der TU Dresden ♦ seit 2004 Sammlungsbeauftragter der „Sammlung Farbenlehre“ am Institut für Grundlagen der Gestaltung und Darstellung ♦ 2005 Berufung und Wahl in den Wissenschaftlichen Beirat der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.